پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۷۵-۶۲، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 62-75 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.70978

تأثیر استفاده از کودهای زیستی و نانو و کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد کمّی و کیفی نخود زراعی (*Cicer arietinum*) در شرایط دیم در منطقه خرم‌آباد

اُم‌البنین حسن‌پور[1]، خسرو عزیزی[2*]، محمد فیضیان[3] و احمد اسماعیلی[4]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد؛ omolbanin.hasanour@yahoo.com
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۳- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد؛ feizian.m@lu.ac.ir
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ismaili.a@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

این مطالعه در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان خرم‌آباد اجرا شد. هدف آزمایش بررسی اثر کود زیستی فسفات بارور۲، نانوکلات آهن و سوپرجاذب بر عملکرد کمی کیفی نخود زراعی (*Cicer arietinum*) تحت شرایط دیم و بهبود عملکرد نخود دیم تحت تأثیر این تیمارها بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل سوپرجاذب در دو سطح عدم مصرف و مصرف۸۰کیلوگرم در هکتار، عامل دوم نانوکلات آهن در سه سطح شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، یک و دو در هزار و عامل سوم فسفات بارور۲ در دو سطح عدم مصرف و مصرف۱۰۰گرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و درصد پروتئین دانه (به استثنای شاخص برداشت و وزن۱۰۰دانه) با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. ماده سوپرجاذب با حفظ رطوبت خاک و کمک به عدم آبشویی نیتروژن و نانوکلات آهن با تأمین آهن مورد نیاز برای متابولیسم نیتروژن و همچنین فراهمی فسفر توسط کود زیستی فسفات بارور۲ با تأثیر بر تثبیت نیتروژن سبب افزایش پروتئین دانه و شاخص کلروفیل برگ شدند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به تیمار ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب، محلول‌پاشی دو در هزار نانوکلات آهن و مصرف کود زیستی فسفات-بارور۲ با ۱۶۲۳ و تیمار شاهد (عدم مصرف سوپرجاذب، نانوجاذب و کود زیستی) با ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، پلیمر، تنش، عملکرد دانه، کلروفیل برگ

مقدمه

حبوبات به دلیل داشتن پروتئین بالا (تقریباً دو برابر غلات) و توانایی تثبیت زیستی نیتروژن در کشاورزی و تغذیه بشر اهمیت قابل‌توجهی دارند (Aboutalebian & Elahi, 2015). در بین حبوبات نخود (*Cicer arietinum*) بیشترین سطح زیرکشت را در کشور با حدود ۴۶۳ هزار هکتار که معادل ۴/۰۷ درصد از کل سطح محصولات زراعی می‌باشد، دارد و بیشترین میزان تولید نخود کشور با ۲۷/۹ درصد به استان لرستان تعلق دارد (Anonymous, 2016). در مناطق دیم و به ویژه در نیمه غربی ایران، نخود به دلیل قرارگرفتن در تناوب با گندم و جو دیم، نقش بسیار مهمی در حفظ و بقای کشاورزی این مناطق ایفا می‌کند (Dadkhah *et al.*, 2015). سوپرجاذب‌ها موادی هستند که چندین برابر وزن خود، آب را جذب و در خود نگهداری می‌نمایند. بنابراین سوپرجاذب‌ها می توانند با جذب و نگهداری آب، باعث افزایش آب در دسترس گیاه و در نتیجه افزایش پتانسیل آب گیاه شوند (Fazeli Rostampour *et al.*, 2013). استفاده از سوپرجاذب در حوزه نفوذ به نگهداری آب کمک شایانی می‌کند. آب قابل استفاده در خاک و عوامل مؤثر در میزان آن از نظر کشاورزی اهمیت بسیاری دارد. کمبود مواد آلی و مشکل در تغذیه گیاه یکی از مهم‌ترین مشکلات در زراعت دیم می‌باشد. نحوه تغذیه نخود به صورت مستقیم کیفیت دانه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سال‌های اخیر لزوم گنجاندن بقولات در تناوب و کاهش کود و سموم شیمیایی مورد توجه محققان و کارشناسان قرار گرفته است. گیاه نخود جهت رشد مطلوب خود نیاز به مواد غذایی ضروری و نیز عناصر کم‌مصرف به خصوص آهن، روی و منگنز دارد (Hamzeei *et al.*, 2014). نانوکود کلاته آهن به علت پایداری مناسب و توان آزادسازی کنترلی، پایه کودی مطمئنی

*نویسنده مسئول: azizi.kh@lu.ac.ir

برای رهایش آهن می‌باشد. مهم‌ترین راه حفاظت از آهن در برابر افزایش تثبیت در خاک با افزایش (pH) می‌باشد (Jokar & Ronaghi, 2014). بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن و باکتری مزوریزوبیوم بر میزان عملکرد دانه نخود نشان داد که تلقیح بذر نخود با باکتری مزوریزوبیوم و محلول‌پاشی نانوکلات آهن در مرحله گلدهی و یا گلدهی+ غلاف‌دهی به ترتیب با (۱۹۴ و ۱۷۱ گرم در مترمربع) توانست بیشترین میزان عملکرد را نسبت به تیمار شاهد (۷۰گرم در مترمربع) به خود اختصاص دهد (Hamzei *et al.*, 2014). عوارض و پیامدهای زیستی محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفاتی که کارآیی جذب پائینی دارند و با اجزای خاک تولید ترکیبات با درجه حلالیت پایین می‌کنند، منجر به ترغیب تولید و مصرف کودهای زیستی شده است. کودزیستی فسفات بارور۲ حاوی باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات است که با اسیدی‌کردن خاک و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات فسفردار می شود که قابل جذب توسط گیاهان است (Tohidinia *et al.*, 2014). گزارش پژوهش دیگری در مورد بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود فسفر، آهن و روی بر نخود زراعی در لرستان نشان داد که تأثیرات اصلی سطوح فسفر، آهن و روی بر عملکرد دانه، تعداد نیام در واحد سطح و وزن ۱۰۰دانه معنی‌دار بود (Waziri Kateh Shouri *et al.*, 2013). اغلب پژوهشگران بر این باورند که با یک مدیریت خوب و صحیح، با استفاده از کودهای زیستی و ریزجانداران می‌توان شرایط تغذیه‌ای بهتری را برای گیاه فراهم کرد. با توجه به این‌که استان لرستان یکی از مناطق مستعد تولید نخود در سطح کشور بوده و سالانه مقادیر زیادی کود شیمیایی فسفره در این استان مصرف می‌شود، یافتن راهکاری مناسب جهت کاهش هزینه‌ها، حفظ سلامت منابع و محیط زیست و افزایش تولید برای این محصول راهبردی منطقه، امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از اصول مهم مدیریت کشاورزی در مناطق دیم، حفظ رطوبت و استفاده مطلوب از آن می‌باشد، ولی تنش رطوبتی از مهم‌ترین و رایج ترین تنش‌های محیطی در دیم‌زارها است که تولید محصولات کشاورزی را با محدودیت‌هایی روبه‌رو می‌سازد. همچنین از آنجایی که ایران کشوری با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و همواره با مشکل آب روبه‌رو است، بنابراین مشکلات ناشی از تنش خشکی و تأثیر آن بر کاهش عملکرد محصولات مختلف و ارائه راهکارهای مناسب برای تأمین نیاز آبی گیاه دارای اهمیت است. با عنایت به وجود مشکلات فراوان ناشی از مصرف کودهای معمول شیمیایی، به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی و کودهای با قابلیت رهایش کند در کشاورزی امری ضروری می‌باشد. با توجه به اطلاعات موجود به نظر می رسد ترکیب استفاده از پلیمر، کودهای زیستی و کودهای نانو بر عملکرد نخود در این منطقه بررسی نشده است. با توجه خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌های اخیر در منطقه خرم‌آباد و همچنین با توجه به نقش پلیمرها در افزایش نگهداری آب در خاک، این پژوهش با هدف مطالعه اثر ماده سوپرجاذب و فسفات بارور۲ و نانوکلات آهن بر نخود دیم رقم آزاد در شرایط محیطی شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه زراعی در روستای پل‌هرو واقع در شهرستان خرم‌آباد واقع بین ۴۶درجه و ۵۱دقیقه تا ۵۰درجه و ۳دقیقه طول شرقی و ۳۴درجه و ۲۲دقیقه عرض شمالی، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی نخود دیم رقم آزاد اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از عامل اول، شامل سوپرجاذب در دو سطح عدم مصرف و مصرف۸۰کیلوگرم در هکتار، عامل دوم نانوکلات آهن در سه سطح شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، یک و دو در هزار و عامل سوم فسفات بارور۲ در دو سطح عدم مصرف و مصرف۱۰۰گرم در هکتار بودند. زمین زراعی پیش از کاشت به صورت آیش بود و کاشت در نیمه دوم اسفند ماه انجام گردید. آماده‌سازی زمین با استفاده از دستگاه خاک‌ورز حفاظتی مرکب (شخم، دیسک و ماله) انجام گردید. همچنین قبل از کاشت یک نمونه مرکب از خاک از چند نقطه مزرعه تهیه شد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است. کاشت بذرها روی خطوط در عمق ۷-۵ سانتی‌متر و با فاصله روی ردیف هفت سانتی‌متر و بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر (تراکم ۵۰ بوته در مترمربع) انجام گرفت. هر کرت آزمایشی به طول ۵متر و دارای ۵خط کاشت بود. فاصله بین کرت‌ها ۸۰سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ مترمربع در نظر گرفته شد. کود فسفات بارور۲ از شرکت زیست‌فناور سبز تهیه و بذرهای نخود در داخل محلول شکر ۲۰درصد با این کود آغشته و تلقیح شدند و سپس بذرها در سایه خشک شدند. پلیمر سوپرجاذب آکوازوب که از شرکت بشری امین تهیه شده بود نیز قبل از کاشت در عمق ۱۵سانتی‌متری استفاده شد و روی آن‌ها با خاک پوشانده شد. محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن تهیه شده از شرکت فن‌آوران سپهر پارمیس (با درصد آهن ۱۲ و درصد نیتروژن و روی به ترتیب ۴ و ۱/۵ درصد) در دو مرحله قبل از گلدهی و در زمان غلاف‌دهی صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experiment location

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (dS.m-1)	کربن آلی O.C (%)	آهک T.N.V (%)	فسفر P (mg.kg-1)	پتاسیم K (mg.kg-1)	نیتروژن کل Total N (%)	روی Zn (mg.Kg-1)	منگنز Mn (mg.Kg-1)	آهن Fe (mg.Kg-1)	مس Cu (mg.Kg-1)	بر B (mg.Kg-1)
0-30	رسی لوم Clay loam	7.84	0.582	0.839	17.5	11.2	265	0.081	0.59	11.07	5.29	0.95	1.22

قابل ذکر است که هنگام محلول‌پاشی بین کرت‌ها از یک محافظ پلاستیکی جهت جلوگیری از اختلاط تیمارها استفاده گردید. عملیات داشت که شامل کنترل علف‌های‌هرز و مبارزه با آفات هر کدام به موقع بر طبق روش‌ها و دستورالعمل‌های فنی کشاورزی پایدار در مورد نخود صورت گرفت. در پایان فصل رشد تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه اندازه‌گیری شدند. عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه بر اساس سه خط وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای به مساحت ۲/۷ مترمربع تعیین گردید. شاخص برداشت و درصد پروتئین با استفاده از دستگاه NIR[1] اندازه‌گیری شدند. برای تعیین درصد رطوبت خاک در سطح مزرعه به منظور بررسی تأثیر سوپرجاذب در میزان رطوبت مزرعه بعد از پایان بارندگی به مدت هر ۱۰ روز تا یک هفته قبل از برداشت نهایی نخود از کرت‌های دارای سوپرجاذب و بدون سوپرجاذب خاک به عمق‌های ۱۰-۱۵ و ۲۵-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری شد و پس از اندازه‌گیری وزن تر، نمونه‌ها در آون قرار داده و وزن خشک آن‌ها و میزان درصد رطوبت وزنی تعیین شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر سوپرجاذب، نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سوپرجاذب و نانوکلات آهن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول۲). نتایج اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (معادل ۳۸۸۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار $S_2 F_3 B_2$ (کاربرد پلیمرسوپرجاذب با محلول‌پاشی نانوکلات آهن به نسبت دو در هزار در شرایط کاربرد فسفات بارور۲) بود که با سایر سطوح تیماری تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین عملکرد بیولوژیک برابر با ۱۹۸۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول۳). Allahdadi *et al*, (2002) نیز گزارش کردند که کاربرد سوپرجاذب موجب افزایش معنی‌دار طول دوره گلدهی در نخود شد و همین امر سبب شد که گیاه با ایجاد تاج‌پوش بزرگ‌تر عملکرد بیولوژیک بیشتری را تولید نماید. بیشترین عملکرد بیولوژیک تیمار $S_2 F_3 B_2$ را می‌توان چنین استنباط کرد که پلیمرسوپرجاذب با توسعه بیشتر اندام‌های رویشی از طریق جذب رطوبت (شکل‌های ۳ و ۴) و قراردادن آن در اختیار ریشه گیاه و افزایش انتقال مواد از خاک توسط گیاه و همچنین احتمالاً افزایش کارآیی فتوسنتز برگ‌ها از طریق افزایش سطح برگ و فعالیت روزنه ها و میزان فتوسنتز باعث تجمع بیشتر ماده خشک شده و از طرفی محلول‌پاشی با نانوکلات آهن از طریق افزایش رشد، تعداد شاخه در بوته و همچنین تعداد دانه در بوته موجبات تشکیل ماده خشک بیشتری را فراهم کردند و نیز افزایش عملکرد ماده خشک را می‌توان به توانایی باکتری‌های حل کننده فسفات نسبت داد که در نهایت موجب افزایش فعالیت متابولیکی فسفر در گیاه می‌شوند که در نهایت موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی در گیاه می‌شوند. Babaeian *et al*, (2011) نیز افزایش عملکرد بیولوژیک را در اثر استفاده از ماده سوپرجاذب گزارش کردند. همچنین Hamzeei *et al*, (2014) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک نخود با مصرف محلول‌پاشی نانوکلات آهن در سطح یک درصد معنی‌دار شده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کاربرد سوپرجاذب، محلول‌پاشی نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که

[1] Near Infra Red

ترکیبات تیماری S2 F3 B2 هرچند که بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح نخود ایجاد نمود، ولی با ترکیبات تیماری S2 F2 B2 و S1 F3 B2 و S1 F2 B2 تفاوت معنی‌دار آماری از نظر عملکرد دانه نداشت و هر چهار سطح فوق در یک گروه آماری قرار گرفتند که حداکثر و حداقل عملکرد دانه به ترتیب معادل ۱۶۲۳ و ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار S2 F3 B2 (کاربرد سوپر جاذب و فسفات بارور۲ با محلول‌پاشی نانوکلات آهن به میزان دو در هزار) و تیمار S1 F1 B1 (شاهد) مربوط بود (شکل ۱).

جدول ۲- میانگین مربعات اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات نخود دیم

Table 2. Mean of squares for the effect of experimental treatments on some traits of rainfed chickpea

منبع تغییر **Source of variation**	درجه آزادی **df**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	عملکرد دانه **Grain yield**	شاخص برداشت **Harvest Index**	تعداد غلاف دربوته **Pod.plant^{-1}**	تعداد شاخه فرعی **Number of branches**	پروتئین دانه **Seed protein**	کلروفیل برگ **Chlorophyll leaf**
تکرار(Replication)	2	200452.7^{ns}	25919.4^{ns}	50.215^{ns}	7.063^{ns}	5.508^{ns}	1.980^{ns}	35.31^{*}
سوپرجاذب(S) (Superabsorbent)	1	4080400^{**}	228802.7^{**}	233.886^{**}	72.818^{*}	40.96^{**}	8.056^{**}	100.835^{*}
نانوکلات آهن(Fe)	2	2113969^{**}	360186.1^{**}	4.817^{ns}	183.853^{**}	13.979^{**}	1.619^{ns}	181.217^{**}
(S×Fe)	2	213658.3^{*}	5769.4^{ns}	78.180^{ns}	22.618^{ns}	0.851^{ns}	0.170^{ns}	2.283^{ns}
فسفات بارور(P)	1	1368900^{**}	595469.4^{**}	76.097^{ns}	264.604^{**}	18.490^{**}	0.616^{ns}	26.197^{ns}
(S×P)	1	16900^{ns}	11736.1^{ns}	33.216^{ns}	55.751^{*}	0.001^{ns}	0.374^{ns}	1.373^{ns}
(Fe×P)	2	45858^{ns}	58602.7^{*}	40.078^{ns}	3.124^{ns}	1.226^{ns}	1.660^{ns}	3.337^{ns}
(S×Fe×P)	2	12758.3^{ns}	13052.7^{ns}	28.762^{ns}	7.098^{ns}	1.827^{ns}	0.385^{ns}	1.715^{ns}
خطا(Error)	22	61916.4	16325.5	22.995	11.994	2.036	0.849	13.278
ضریب تغییرات% CV	-	8.98	9.99	10.28	12.80	17.52	4.51	6.61

ns، ** و*: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: Non significant and significant at probability levels of 1% and 5%, respectively, S: Superabsorbent, Fe: Iron nano-chelate, P: phosphate Barvar-2

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری‌شده در آزمایش

Table 3. Mean comparison of interaction effects of measured traits in experiment

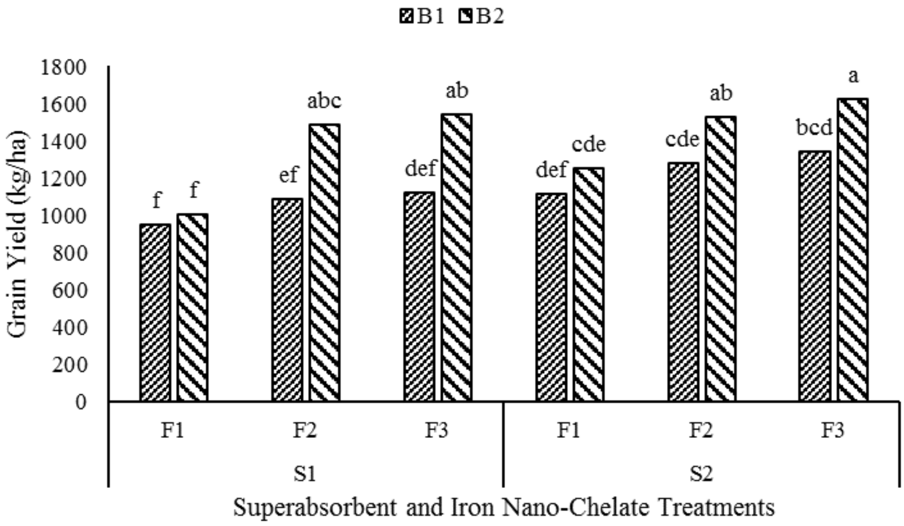
تیمار **Treatment**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield (kg/ha)**	شاخص برداشت **Harvest index (%)**	تعداد غلاف دربوته **Pod/plant**	تعداد شاخه فرعی **Nomber of branches**	کلروفیل برگ **Leaf chlorophyll**
$S_1F_1B_1$	1980h	48.20ab	21.53de	4.868d	48.35d
$S_1F_1B_2$	2240gh	45.33b	23.27cde	7.4cd	49.11cd
$S_1F_2B_1$	2347fgh	46.36ab	23.93cde	7.267cd	54.01abcd
$S_1F_2B_2$	2727def	54.62a	29.80bc	8.067bc	55.55abc
$S_1F_3B_1$	2457efg	45.75ab	27.07bcd	6.933cd	54.74ab
$S_1F_3B_2$	2857cde	54.85a	28.27bc	7.933bc	58.74ab
$S_2F_1B_1$	2353fgh	47.37ab	19.40e	7.133cd	52.68bcd
$S_2F_1B_2$	2637defg	47.63ab	27.40bcd	8.2bc	53.18bcd
$S_2F_2B_1$	3070bcd	42.06b	24.73cde	9.7abc	56.27ab
$S_2F_2B_2$	3450b	44.36b	32.07ab	10.27ab	58.21ab
$S_2F_3B_1$	3250bc	41.35b	29.47bc	8.667bc	59.38ab
$S_2F_3B_2$	3887a	41.74b	37.87a	11.30a	60.88a

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح a=0.05 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. S_1: عدم مصرف سوپرجاذب، S_2: سوپرجاذب ۸۰ کیلوگرم در هکتار، F_1: عدم مصرف نانوکلات آهن، F_2: محلول‌پاشی یک در هزار نانوکلات آهن، F_3: محلول‌پاشی دو در هزار نانوکلات آهن، B_1: عدم مصرف کود زیستی، B_2: مصرف کود زیستی فسفات بارور۲

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α=0.0. S_1: no use of superabsorbent, S_2: superabsorbent application at 80 kg/ha, F_1:no use of iron nano-chelate , F_2: 1/1000 foliar application of iron nano-chelate, F_3: 2/1000 foliar application of iron nano-chelate, B_1: no use of biofertilizer, B_2: application of phosphate Barvar-2 biofertilizer

بدیهی است که تأمین رطوبت کافی به منظور دستیابی به عملکرد بالاتر دانه ضروری می‌باشد و یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تعیین‌کننده عملکرد دانه وضعیت رطوبتی خاک است. با کاربرد سوپرجاذب نیز چنین به نظر می‌رسد که هیدروژل سوپرجاذب با جذب آب و با در دسترس قرار دادن آن برای گیاه، از اثرات منفی خشکی شرایط دیم کاسته است که نتیجه آن افزایش عملکرد نخود دیم بود. Bakhsh *et al*, (2007) اثر معنی‌دار کمبود رطوبتی بر کاهش عملکرد دانه نخود را طی مراحل پایانی رشد گزارش نمودند. همچنین میزان درصد رطوبت جذب‌شده توسط پلیمرسوپرجاذب در شکل‌های ۲ و ۳

آمـده اسـت کـه مـی‌تـوان اظهـار داشـت کـاربرد سـوپرجاذب، نانوکلات آهـن و فسـفات بـارور۲ بـر نخـود بـدین صـورت کـه سوپرجاذب باعث افزایش جذب آب، مواد غذایی و انتقـال بهتـر این مواد به ریشه و کود زیسـتی فسـفات بـارور۲ بـا کمـک بـه انحلال ترکیب فسفره در خاک و تسهیل جذب آن توسط گیـاه و همچنین تولید هورمون‌های محرک رشد گیاهی و اسـتفاده از آهن به عنوان عنصر ریزمغذی به دلیل افزایش فتوسنتز موجـب افزایش سرعت تثبیـت دی اکسـیدکربن در واحـد سـطح بـرگ شده و در نتیجه باعث افزایش هیدرات‌های کربن مـی‌شـود و از آن جایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شـود. Singh *et al*, (2004) در بررسی اثر غلظت آهن بر روی گیاه نخود دریافتند که با افزایش غلظت آهن مقدار و درصد جذب نیتروژن به صورت معنـی‌داری افزایش یافته است.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل استفاده از سوپرجاذب، کود زیستی و محلول‌پاشی نانوکلات آهن بر عملکرد دانه نخود دیم

(میانگین های با حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح a=0.05 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. S_1: عدم مصرف سوپرجاذب، S_2: سوپرجاذب ۸۰ کیلوگرم در هکتار، F_1: عدم مصرف نانوکلات آهن، F_2: محلول‌پاشی یک در هزار نانوکلات آهن، F_3: محلول‌پاشی دو در هزار نانوکلات آهن، B_1: عدم مصرف کود زیستی، B_2: مصرف کود زیستی فسفات بارور۲)

Fig. 1. Mean comparison results of the interaction effects of applicatoion of superabsorbent, biological fertilizer and foliar application of iron nano chelate on grain yield of dry land chickpea

(Means having same letter are not significantly different at α=0.0. S_1: no use of superabsorbent, S_2: superabsorbent application at 80 kg/ha, F_1:no use of iron nano-chelate, F_2: 1/1000 foliar application of iron nano-chelate, F_3: 2/1000 foliar application of iron nano-chelate, B_1: no use of biofertilizer, B_2: application of phosphate Barvar-2 biofertilizer)

شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریـانس، صـفت شـاخص برداشـت تنها تحت تأثیر فاکتور سوپرجاذب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین شاخص برداشـت مربـوط بـه تیمارهـای $S_1F_2B_2$، $S_1F_3B_2$ (محلول‌پاشی نانوکلات آهن بـه نسـبت ۱ در هـزار و ۲ در هـزار بـا کـاربرد فسـفات بـارور۲ و عـدم کـاربرد سوپرجاذب) بود و کمترین شاخص برداشـت مربـوط بـه تیمـار $S_2\ F_3\ B_2$ (محلول‌پاشی نـانوکلات آهـن ۳ در هـزار بـا کـاربرد فسفات بارور۲ و کـاربرد سـوپرجاذب) بـود کـه البتـه بـا سـایر تیمارها نیز در یک گروه آمار قـرار گرفـت (جـدول۲). شـاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بـین عملکـرد اقتصادی و عملکرد کل می‌باشد. در واقـع شـاخص برداشـت آن نسبت از عملکـرد بیولـوژیکی اسـت کـه عملکـرد اقتصـادی را تشکیل می‌دهد. این شاخص معیـاری از توزیـع و تقسـیم مـواد آسیمیلات در اندام‌های گیاهی به خصوص در دانه است. چنـین به نظر می‌رسـد کـه در ایـن تحقیـق اثـر سـه‌گانـه تیمارهـای سـوپرجاذب و نـانوکلات آهـن و فسـفات بـارور باعـث افـزایش ۷۰درصدی عملکرد دانه نسبت به شـاهد شـد، امـا در عملکـرد بیولوژیک باعث افزایش ۹۶درصدی نسبت به شـاهد شـد. از آن جا که شاخص برداشـت از کسـر عملکـرد اقتصـادی (دانـه) بـر عملکـرد بیولوژیـک حاصـل مـی‌گـردد، مـی‌تـوان گفـت کـه سوپرجاذب‌ها با دارابودن قابلیت بالای ظرفیت تبـادل کـاتیونی قادرند علاوه بر جذب زیـاد آب، کـاتیون‌هـای مـؤثر و مفیـد در

رشد گیاه را در خود جذب و با جلوگیری از هدر رفتن آن‌ها این مواد را در موقع لزوم در اختیار گیاه قرار داده و باعث رشد گیاه و ایجاد تاج‌پوشه بزرگ شده و همچنین جذب فسفر توسط گیاه با وجود این که علاوه بر عملکرد اقتصادی بر عملکرد زیستی نیز تأثیر مثبت دارد، ولی تأثیر آن بر افزایش شاخساره و برگ‌ها بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد دانه است. از آنجا که تیپ رشدی نخود نامحدود است، لذا این گیاهان دارای مرحله رشد رویشی مشخصی مانند آنچه که در غلات وجود دارد، نمی‌باشد؛ بنابراین در این گیاهان رشد رویشی حتی تا مرحله رشد غلاف ها نیز تداوم دارد. نتیجه این ویژگی، وجود رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی برای دریافت مواد فتوسنتزی است که این خصوصیت می‌تواند یک عامل محدودکننده عملکرد باشد. این تأثیر، بیشتر باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود که در نتیجه عملکرد بیولوژیک را نسبت به عملکرد دانه بیشتر افزایش داده و این امر باعث کاهش شاخص برداشت شده است. در واقع تیمارهای که دارای سوپرجاذب هستند، عملکرد بیولوژیک بالا و شاخص برداشت پایین‌تری دارند. در دسترس بودن آب در عملکرد بیولوژیک و به دنبال آن عملکرد دانه نخود دیم تأثیر به سزایی دارد، زیرا که عملکرد بیولوژیک دربرگیرنده هر دو جنبه رشد رویشی و زایشی گیاه می‌باشد (Ghayour *et al.*, 2005). می‌توان چنین استنباط کرد که رابطه معکوس و معنی‌داری بین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت وجود دارد. Salehi *et al*, (2007) نیز رابطه معکوس و معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک گزارش کردند.

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد که اثرات اصلی نانوکلات آهن و فسفات بارور در سطح احتمال یک درصد و اثر اصلی سوپرجاذب و اثر متقابل سوپرجاذب و فسفات بارور در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود به تیمار $S_2\ F_3\ B_2$ (تیمار کاربرد سوپرجاذب و فسفات بارور۲ در شرایط کاربرد محلول پاشی آهن به مقدار(۲ در هزار) باتعداد ۳۷/۸۷ عدد مربوط بود و کمترین تعداد غلاف بوته با تعداد ۱۹/۴۰ عدد به تیمار $S_2F_1B_1$ (کاربرد سوپرجاذب با عدم کاربرد محلول‌پاشی نانوکلات و فسفات بارور) مربوط بود که با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). تیمار $S_2\ F_3\ B_2$ نسبت به شاهد سبب افزایش ۷۵ درصد تعداد غلاف در بوته شد. غلاف‌ها از یک طرف دربرگیرنده تعداد دانه‌ها بوده و از طرف دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها و تعیین‌کننده وزن آن‌ها هستند. با توجه به این که تعداد غلاف در بوته در اغلب حبوبات از جمله نخود حساس‌ترین جزء عملکرد نسبت به کمبود رطوبتی است، می‌توان بالابودن تعداد غلاف در بوته تیمار $S_2\ F_3\ B_2$ را چنین استنباط کرد که کاربرد سوپرجاذب‌ها علاوه بر جلوگیری از نوسانات رطوبتی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در خاک با جلوگیری از شست‌وشوی سریع آن‌ها و محلول‌پاشی نانوکلات آهن در مرحله گلدهی به دلیل افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن به غلاف، از طریق افزایش آسمیلات‌ها، به واسطه نقشی که این عنصر در فتوسنتز دارد و نیز مصرف کود فسفات بارور۲ با باکتری‌های حل‌کننده فسفات، راندمان جذب عناصرغذایی خاک به‌ویژه فسفر را افزایش داده که در نتیجه باعث می‌شوند که اکثر گل‌های شکوفا بدون ریزش تبدیل به غلاف شوند و در مجموع تعداد غلاف در بوته نخود را افزایش می‌دهد. تأثیر کمبود آب بر کاهش تعداد غلاف در بوته نخود توسط Hosseini *et al*, (2009) گزارش شده است. شاید تفاوت تعداد غلاف در بوته در بین تیمارهای شاهد و تیمار $S_2\ F_1\ B_1$ و سایر تیمارهایی که در یک رده قرار دارند، مربوط به وضعیت متفاوت تغذیه‌ای و مقادیر متفاوت عناصر قابل دسترس بوته در بین تیمارهای اعمال‌شده باشد. اگر در طول مراحل رشد و نمو گیاه، آب و عناصر غذایی به مقدار کافی و در زمان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد، گیاه با جذب آن‌ها و افزایش مقدار رشد رویشی خود، زمینه را برای رشد زایشی مناسب فراهم خواهد کرد و اجزای عملکرد مطلوبی را به‌وجود می‌آورد. همچنین برخی پژوهش‌گران کاربرد نانو کود در دو مرحله گلدهی و غلاف‌دهی را بهترین تیمار گزارش کردند (Mahmoudi *et al.*, 2005).

تعداد شاخه فرعی در بوته

نتایج نشان داد که اثرات اصلی سوپرجاذب، نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ بر تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب معادل ۱۱/۳۰ و ۴/۸ عدد به تیمار $S_2F_3B_2$ (کاربرد سوپرجاذب، نانوکلات آهن به همراه فسفات بارور) و تیمار $S_1F_1B_1$ (شاهد) مربوط بود. همچنین تیمار $S_2F_3B_2$ با تیمارهای $S_2F_2B_2$ و $S_2F_2B_1$ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). تولید شاخه فرعی از طریق تأثیر بر رشد، تعداد و وضعیت ساختارهای زایشی گیاه بر عملکرد دانه اثر می‌گذارد و دارای اهمیت زیادی است (Torabi Jafroudi *et al.*, 2006). اگر تأمین مواد غذایی خاک کم باشد، به علت اولویت ساقه اصلی جهت تغذیه، شاخه‌دهی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر

اگر مقدار زیادی مواد غذایی وجود داشته باشد، شاخه‌های جانبی بیشتر رشد می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که تیمار $S_2F_3B_2$ با کاربرد همزمان سوپرجاذب و نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ بدین صورت که سوپرجاذب با افزایش جذب آب، مواد غذایی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در خاک و جلوگیری از شست وشوی سریع آن‌ها و انتقال بهتر این مواد به ریشه و از طرفی محلول‌پاشی نانوکلات آهن، عناصر غذایی نظیر نیتروژن نقش عمده‌ای در فعالیت‌های بیوشیمیایی و بهبود فرآیندهای فتوسنتزی برگ‌ها داشته و در نتیجه ظرفیت فتوآسیمیلات‌ها و انتقال آن را به حداکثر رسانده، همچنین میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با انحلال فسفر نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس برای باکتری همزیست، باعث افزایش تثبیت نیتروژن در گره‌های ریشه‌ای و در نتیجه افزایش رشد بخش هوایی گیاه به خصوص تعداد شاخه فرعی می‌شوند. برخی محققان اظهار داشتند که صفت تعداد شاخه فرعی در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم دارد (Kanouni & Malhotera, 2003). Ghorbani *et al,* (2013) گزارش نمودند که اثر پیش‌تیمار بذر و سوپرجاذب تعداد شاخه فرعی نخود را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. تحقیقات دیگر نشان داد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه زراعی عدس می‌شود (Sahu *et al.*, 2002) که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. به عبارتی این آزمایش نشان داد که با افزایش تعداد شاخه فرعی بعضی از اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته) افزایش و بعضی دیگر از اجزای عملکرد دانه مانند وزن۱۰۰دانه کاهش می‌یابد. محققان دیگر نیز وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین تعداد شاخه فرعی عملکرد دانه را گزارش کردند. به نظر می‌رسد وجود تعداد شاخه فرعی زیاد، منجر به افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته می‌شود.

پروتئین دانه

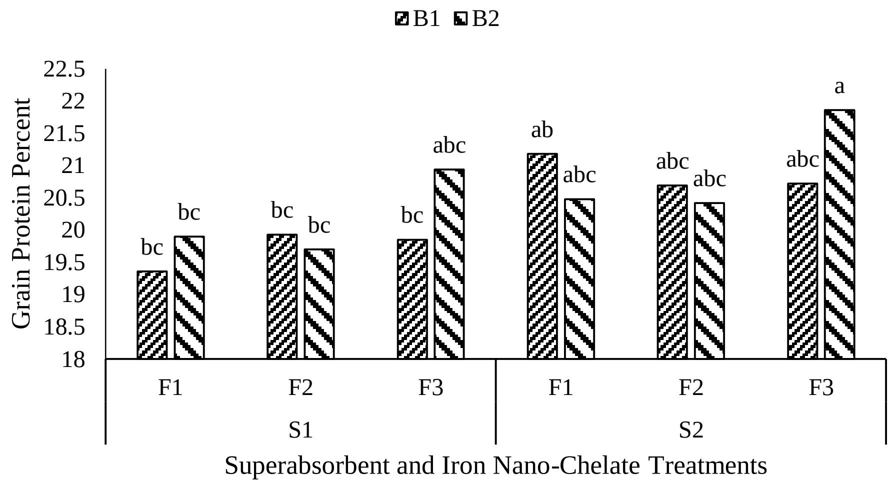
نتایج نشان داد که در بین فاکتورهای مورد استفاده، تنها اثر اصلی سوپرجاذب بر پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که حداکثر میزان پروتئین دانه برابر با ۲۱/۸۶ درصد مربوط به تیمار $S_2F_3B_2$ (کاربرد سوپرجاذب، محلول‌پاشی با نانوکلات آهن به نسبت دو در هزار همراه با فسفات بارور۲) بود که با سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفت و حداقل پروتئین دانه برابر با ۱۹/۳۶ درصد از تیمار شاهد $S_1F_1B_1$ به‌دست آمد (شکل ۲). نقش کاربرد همزمان تیمارهای این تحقیق در افزایش پروتئین نخود را می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد سوپرجاذب سبب افزایش دسترسی گیاه به آب و در نتیجه نگهداری آب بیشتر درون بافت‌ها به خصوص بافت برگ می‌شود. این امر موجب افزایش توان فتوسنتزی در گیاه و به تبع آن عملکرد دانه بالاتر می‌شود و در نهایت می‌تواند میزان عملکرد پروتئین دانه را نیز که تابعی از عملکرد دانه است، بالا ببرد. همچنین سوپرجاذب از آبشویی عناصر از جمله نیتروژن جلوگیری می‌کند و از آن جا که نیتروژن یک جزء لازم ساختمانی اسیدهای آمینه و آمیدها، پروتیین، نوکلئوتیدها و نوکلئوپروتیین‌ها می‌باشد (Shirani-Rad, 2005) می‌توان گفت که سوپرجاذب‌ها در افزایش پروتئین دانه مؤثر هستند. محلول‌پاشی با نانوکلات آهن با توجه به این‌که عنصر آهن یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد و از آنجا که برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوان مورد نیاز است و این انرژی با وجود فسفر کافی و ATP[۱] فراوان تأمین می‌شود (Olivera *et al.*, 2004)، بنابراین فراهمی فسفر توسط کود زیستی فسفات بارور با تأثیر بر تثبیت نیتروژن سبب افزایش پروتئین می‌شود. همچنین گزارش شده است که آهن در سنتز پروتئین نقش دارد و از آنجایی که نقش آهن در سنتز پروتئین همراه با کلروفیل می‌باشد، کمبود آهن سبب کاهش کلروفیل و در نتیجه منجر به کاهش درصد پروتئین می شود (Davrynejad *et al.*, 2010).

کلروفیل برگ

نتایج در خصوص صفت شاخص کلروفیل برگ نشان داد که اثر اصلی نانوکلات آهن و اثر اصلی سوپرجاذب به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمار S2F3B2 (کاربرد سوپرجاذب، محلول‌پاشی با نانوکلات آهن به نسبت دو در هزار همراه با فسفات بارو۲) با مقدار ۶۰/۸۸ و کمترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمار S1F1B1 (شاهد) با مقدار ۴۸/۳۵ بود (جدول ۳). Zhao *et al,* (2007) عنوان کردند که شاخص کلروفیل در واحد سطح برگ گیاهان ژنتیکی بوده، ولی به شدت تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی نیز قرار می‌گیرد. تخریب غشاهای تیلاکوئیدی کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز از جمله دلایل کاهش کلروفیل در شرایط کمبود رطوبت گزارش

[۱] Adenosine Triphosphate

شـده اسـت (Alonso *et al.*, 2001). بنـابراین بـا کـاربرد سوپرجاذب میزان فرایندهای تخریـب‌کننـده کلروفیـل کـاهش یافتـه و در نتیجـه میـزان شـاخص کلروفیـل بـرگ بـا کـاربرد سوپرجاذب افزایش می‌یابد. کمبود آهن منجر به کاهش غلظـت رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل و کاروتنوئید در واحـد سطح برگ می‌شود و به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنـین کـاهش کـارآیی فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی دچار کاهش می‌شود. بـا توجـه به نقش آهن در ساخت کلروفیل، محلول‌پاشی با نانوکلات آهن، باعث افزایش فتوسنتز گیاه شده، لذا کربوهیدرات‌های بیشـتری به ریشه‌ها منتقل شده، بنابراین رشـد و جـذب عناصـر غـذایی توسط ریشه زیاد می‌شود و در نتیجـه غلظـت عناصـر در گیـاه افزایش می‌یابد. Mir (2014) نیـز گـزارش کـرد کـه محـدوده کمبود عنصر غذایی آهن با افزایش عنصر آهن شاخص کلروفیل برگ نیز افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۲- اثرات متقابل استفاده از سوپرجاذب، کود زیستی و محلول‌پاشی نانوکلات آهن بر درصد پروتئین دانه نخود دیم

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح a=0.05 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. S_1: عدم مصرف سوپرجاذب، S_2: سوپرجاذب ۸۰ کیلوگرم در هکتار، F_1: عدم مصرف نانوکلات آهن، F_2: محلول‌پاشی یک در هزار نانوکلات آهن، F_3: محلول‌پاشی دو در هزار نانوکلات آهن، B_1: عدم مصرف کود زیستی، B_2: مصرف کود زیستی فسفات بارور۲

Fig. 2. The interaction effects of applicatoion of superabsorbent, biological fertilizer and foliar application of iron nano chelate on grain protein percent of dry land chickpea

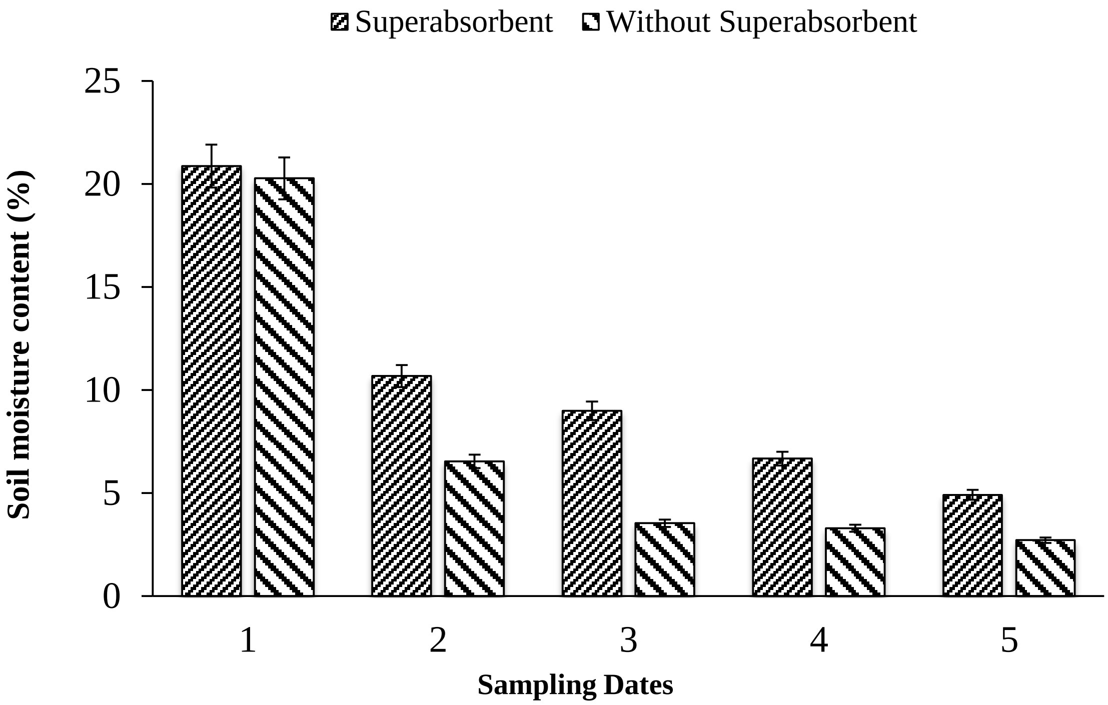
Means having same letter are not significantly different at α=0.0. S_1: no use of superabsorbent, S_2: superabsorbent application at 80 kg/ha, F_1:no use of iron nano-chelate, F_2: 1/1000 foliar application of iron nano-chelate, F_3: 2/1000 foliar application of iron nano-chelate, B_1: no use of biofertilizer, B_2: application of phosphate Barvar-2 biofertilizer

درصد رطوبت خاک

در شرایط دیم، معمولاً بخش‌های فوقانی پروفیل خاک که تراکم ریشه در آنجا بیشتر است، با خشکی مواجه می‌شود، ولی با این وجود گیاه قادر است به فعالیت‌هـای حیـاتی خـود ادامـه دهد. در این حالت، بخش‌های زیرین خاک که تـراکم ریشـه در آن‌ها کمتر ولی دارای رطوبت مناسـبی هسـتند، رطوبـت را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. در کشاورزی از پلیمرسـوپرجاذب بـه عنوان یک ماده افزودنی به خاک به عنوان مخزن عناصر غـذایی و نیز به عنوان جاذب آب در خاک استفاده می‌شود. سوپرجاذب ها علاوه بر نگهداری آب به علت تغییر حجم مداوم (انبساط بـه هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آن) میزان هـوا را نیـز در خـاک افـزایش مـی‌دهنـد (Eubeler *et al*,, 2010) و سبب بهبود دانه‌بندی و ساختمان خاک و نیـز افـزایش قابلیـت پایداری خاکدانـه‌هـا و کـاهش وزن مخصـوص ظـاهری خـاک، افزایش جوانه‌زنـی و سبزشـدن بـذر، کـاهش نیـاز آبـی گیـاه و کـاهش میـزان تبخیـر آب از سـطح خـاک منجـر بـه بهبـود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند. بـه نظـر می‌رسد با افزودن پلیمرسوپرجاذب به خاک ظرفیـت نگهـداری آب در خاک بالا می‌رود و گیاه برای مدت طـولانی‌تـری بـه آب دسترسی دارد که نمودارهای۱و۲ نیز بیـانگر وجـود رطوبـت در عمق‌های مختلف می‌باشد. پلیمرسوپرجاذب سرعت نفوذ، تراکم، فشردگی و بافت خاک و همچنین پایداری خـاک دانـه‌هـا و در نتیجه سرعت تبخیر را به طور موثری تحت تأثیر قرار می‌دهنـد (Aboutalebian & Elahi, 2015). بـا توجـه بـه میـزان بارندگی و همچنین ارتفاع ۱۷۴۰متری محل آزمـایش از سـطح دریا و میزان رطوبتی که در ماه خـرداد سـال اجـرای آزمـایش

وجود داشت، درصد رطوبت در عمق ۱۵ سانتی‌متری (شکل۳) نشان داد که خاک‌هایی که حاوی سوپرجاذب هستند، درصد رطوبت بیشتری نسبت به عدم کاربرد سوپرجاذب داشتند. درعمق ۲۵ سانتی‌متری نیز با توجه به این که میزان رطوبت در اعماق پایین‌تر بیشتر است، پلیمرسوپرجاذب نیز رطوبت بیشتری نسبت به خاک‌های بدون کاربرد سوپرجاذب داشتند (شکل ۴).

Ghayour *et al* (2005) طی بررسی تأثیر پنج نوع ماده سوپرجاذب بر ظرفیت نگهداری آب در بافت های مختلف خاک بیان نمودند که مصرف ۴ و ۸ گرم پلیمر PR3005A به ترتیب منجر به افزایش دو و چهاربرابری مقدار رطوبت قابل دسترس گیاه در یک خاک لوم گردید. در تحقیق دیگری در مورد رابطه بین مصرف پلیمرسوپرجاذب و افزایش آب در دسترس گیاه، نتایج نشان داد که با مصرف سوپرجاذب، آب به میزان ۱۰/۶۸درصد بیشتر نسبت به شاهد در خاک باقی می‌ماند (Wu *et al*., 2007). سوپرجاذب‌ها با ذخیره‌کردن آب به میزان چندین برابر وزن خود و قراردادن آب بصورت تدریجی در اختیار گیاه و همچنین با افزایش پتانسیل آب خاک تنش رطوبتی را کاهش می‌دهند (Allah Dadi, 2002). سوپرجاذب ها در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه می‌شوند و سرانجام به آب، دی اکسیدکربن و ترکیبات نیتروژن‌دار غیرسمی از جمله آمونیاک تبدیل شده و در آخر به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند (Eubeler *et al*., 2010).

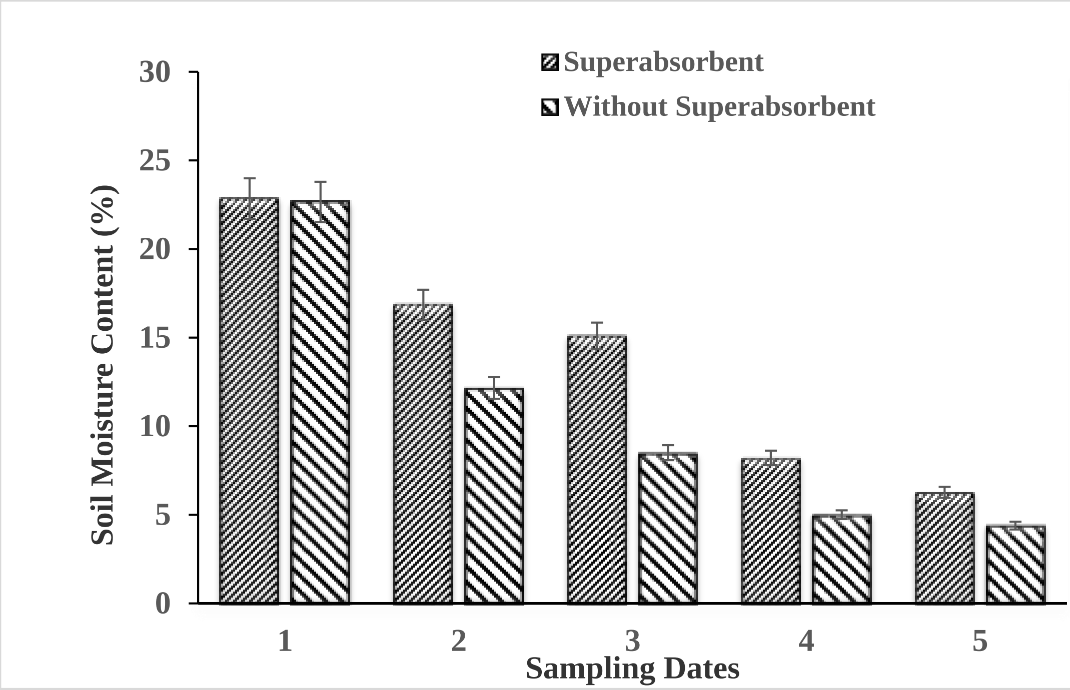


شکل ۳- مقایسه کاربرد و عدم کاربرد سوپرجاذب در میزان درصد رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک

(۱: اول خرداد، ۲: نهم خرداد، ۳: نوزدهم خرداد، ۴: سی و یک خرداد و ۵: دوازدهم تیر سال ۱۳۹۵).

Fig. 3. Comparison of application and non-application of superabsorbent in soil moisture content at 15 cm depth

(1: 21st May, 2: 29th May, 3: 08 June, 4: 20 June, 5: 02 July 2016)



شکل ۴- مقایسه کاربرد و عدم کاربرد سوپرجاذب در میزان درصد رطوبت خاک در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک
(۱: اول خرداد، ۲: نهم خرداد، ۳: نوزدهم خرداد، ۴: سی و یک خرداد و ۵: دوازدهم تیر سال ۱۳۹۵)
Fig. 4. Comparison of application and non-application of superabsorbent in soil moisture content at 25 cm depth
(1: 21st May, 2: 29th May, 3: 08 June, 4: 20 June, 5: 02 July 2016)

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد اثرات سه‌گانـه تیمارهـا بـر برخی صفات کمی و کیفی نخود تأثیر مثبت دارند، به‌طوری‌کـه از نظر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیـک، تعـداد غـلاف در بوتـه، تعداد شاخه فرعی، کلروفیل برگ و پروتئین دانه تیمار $S_2F_3B_2$ نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. البته کاربرد سـوپرجاذب و نانوکلات‌آهن و فسفات بارور۲ بر میزان شاخص برداشـت تـأثیر چندانی نداشت و می‌توان گفت که پلیمرسوپرجاذب با افـزایش قابلیت نگهداری رطوبت خاک و با تقلیل اثرات تنش خشـکی و محلول‌پاشی با نانوکلات آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی بـه دلیل افزایش آسیمیلات‌ها، به واسطه نقشی کـه ایـن عنصـر در فتوسنتز دارد و نیز همچنین کاربرد کود فسفات کودزیستی بـه واسطه تولید هورمون‌های رشد ماننـد دی‌هیـدروژن، اکسـین و جیبرلین رشد اندام‌های هوایی گیاه را افـزایش و در کـل باعـث افزایش قدرت مخزن و منبع شده که موجـب افـزایش عملکـرد دانه شدند. بنابراین مـی‌تـوان گفـت کـه کـاربرد سـوپرجاذب و نانوکلات آهن و فسفات بارور۲ علاوه بر کاهش اثـرات ناشـی از خشکی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفر باعث افـزایش عملکرد کمـی و کیفـی و کـاهش آلـودگی محـیط‌زیسـت نیـز افزایش برخی عناصر در خاک می‌شود.

منابع

1. Aboutalebian, M.A., and Elahi, M. 2015. Replacement of phosphate fertilizer application by bio-fertilizers in chickpea production under on-farm seed priming conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 46(3): 11-21. (In Persian with English Summary).
2. Allah Dadi, A. 2002. Effect of application of superabsorbent hydrogels on reducing drought stress in plants. Proceedings of the Second Specialized Course-Application of Agricultural and Industrial Applications of Super Deposits Hydrogels, Iran Polymer and Petrochemical Research Institute.

3. Alonso, R., Elvira. S., Castillo, F.J., and Gimeno. B.S. 2001. Interractive effects of ozone and drought stress on pigmrnts and activities of antioxidative enzymes in pinus halepensis. Plant, Cell and Environment 24: 905-916.
4. Anonymous. 2016. Agriculture Agricultural Census, 2015-16. First Edition.
5. Babaeian, M., Tavassoli, A., Ghanbari, A., Esmaeilian, Y., and Fahimifard, M. 2011. Effect of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, garin yield components in sunflower (Alstar cultivar) under water stress at three stages. African Journal of Agricultural Research 6(5):1204-1208.
6. Bakhsh, A., Malik, S.R., Mohammad, A., Umer, I., and Haqqani, A.M. 2007. Response of chickpea genotypes to irrigated and rainfed conditions. International Journal of Agricultural Biology 9: 590-593.
7. Dadkhah, N., Ebadi, A., Parmoon, G.H., Ghlipoori, A., and Jahanbakhsh, S. 2015. Effect of spraying zinc on photosynthetic pigments and grain yield of chickpea under level different irrigation. Effect of spraying zinc on photosynthetic pigments and grain yield of chickpea under level different irrigation. Iranian Journal of Crop Production 2(2): 201-141.
8. Davrynejad, G.H., Azizi, M., and Akheratee, M. 2010. Effect of foliar nutrition on quality, quantity alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Horticultural Sciences 23(2): 1-10. (In Persian with English Summary).
9. Eubeler, J.P., Bernhard, M., and Knepper, T.P. 2010. Environmental biodegradation of synthetic polymers ll. Biodegradation of different polymer groups. TrAC Trends in Anals Chemistry 29: 84-100.
10. Fazeli Rostampour, M. 2013. The effect of irrigation regimes and polymer on several physiological traits of Fovage Sovghum. Asian Journal of Agriculture and Food Science 1(5): 274-280.
11. Ghayour, F.A., Eskandari, Z., and Sherbaaff, A.H. 2005. Comparison of several moisture absorbent materials on storage capacity and soil water potential. 9th Iranian Soil Science Congress, Soil and Water Conservation Research Center of Tehran, Tehran, Iran.
12. Ghorbani, A., Jalilian, J., and Amirnia, R. 2013. The Effects of seed priming and superabsorbent on some quantity and quality characteristics of Kaboli chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Crop Research 1(1): 53-44.
13. Hamzeei, J., Tejarii, S., Sadeghi, F., and Seyedi, M. 2014. Effect of foliar application of nano-iron chelate and inoculation with mesorhizobium bacteria on root nodulation, growth and yield of chickpea under rainfed conditions. Journal of Iranian Bean Studies 5(2): 18-29.
14. Hosseini, N.M., Palta, J.A., Berger, J.D., and Siddique, K.H. 2009. Sowing soil water content effect on chickpea (*Cicer arietinum* L.): Seed ling emergence and early growth interaction with yenotype and seed Size. Agricultural Water Manay 96: 1732-1736.
15. Jokar, L., and Ronaghi, A. 2016. Effect of spraying various iron levels and sources on growth and concentration of some nutrients in sorghum. Journal of Greenhouse Science and Technology 6(22): 173-163.
16. Kanouni, H., and Malhotera, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 5(3): 185-191. (In Persian with English Summary).
17. Mahmoudi, A., Labidi, S., Lcsouri, N., Gharaslli, M., and Abdelly, R. 2005. Differetial tolerance to iron deficiency of chickpea varieties and Fe resupply effects. Comptes Rendus Biologies 330: 237- 246.
18. Sahu, J.P., Singh, N.P., Kaushik, M.K., Sharma, B.B., and Singh, V.K. 2002. Effect of Rhizobium, phosphorus and potash application on the productivity of lentil. Indian Journal of Pulse Research 15 (1): 39-42.
19. Mir, Y. 2014. Effect of solubility of various amounts of iron nano-chelate fertilizer (Khazra) on quantitative and qualitative yield of chickpea cultivars. Master's Degree of Lorestan University. 88 p.
20. Olivera, M., Tejera, N., Iribarne, C., and Liunch, C. 2004. Growth, nitrogen fixation and ammonium assimilation in common bean (*Phaseolus vulgaris*): effect of phosphorus. Physiologia Plantarum 121(3): 498-505.
21. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Balsini, H. 2007. Evaluation of relationship between different traits in lentils (*Lens culinaris* Medik). Journal of Water and Soil Science 11(41):205-216.
22. Shirani Rad, A.H. 2005. Plant Physiology. Institute of Cultural and Artistic Studies, Tehran, Tehran. 358p.
23. Singh, M., Chaudhary, Sharma, S.R., and Rather, M.S. 2004. Effect of same micronutrients on content and uptake by ckickpea (*Cicer arietimum*). Agricultural Sceince Digest 24(4): 268-2700.
24. Tohidinia, M.A., Mazaheri, D.S., Bagher-Hosseini, M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). Journal of Agricultural Sciences of Iran (4): 295-307. (In Persian with English Summary).

25. Torabi Jafrodi, A., Hasanzadeh, A., and Fayaz Moghaddam, A. 2006. Effect of plant population on some of morphophysiological charactersitics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajuhsh and Sazandegi 74: 63-71. (In Persian with English Summary).
26. Waziri Kate Shouri, S.M., Daneshvar, A., and Nazarian Firouzabadi, F. 2013. Effect of different P and P and Zn spraying on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy and Agriculture 15(17): 2-30.
27. Wu, L., Liu, M., and Liang, R. 2007. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and wáter-retention. Bioresource Technology 99: 547-554.
28. Zhao, G.Q., Ma, B.L., and Ren, C.Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll flurescence, and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science 47: 123-131.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 62-75 (Research Article)

Study the effect of Phosphate Barvar-2 Biofertilizer, Iron Nano-Chelate and Superabsorbent on qualitative and quantitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions

Hasanpour[1], O., Azizi[2*], Kh., Feizian[3], M. & Ismaeili[4], A.

1. MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad; omolbanin.hasanour@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad
3. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad; feizian.m@lu.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad; ismaili.a@lu.ac.ir

Received: 3 July 2018
Accepted: 3 March 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.70978

Introduction

Pulses have great contribution in human nutrition and agriculture due to having high protein content (nearly 2-fold more than cereals) and ability to biological nitrogen fixation. Pulses cultivation in dry lands requires some management issues like using superabsorbent and best nutrition managements in dry farming conditions. Superabsorbent are materials that absorb and hold water several times more than their weight, therefore they could increase plant available water and consequently could increase plant water potential. Due to importance of polymers in improving soil water holding capacity, present study was conducted with the aim of study the effect of phosphate Barvar-2 biofertilizer, iron nano-chelate and superabsorbent on qualitative and quantitative yield of chickpea (*Cicer arientinum* L.) under dry farming conditions.

Material and Methods

Present study was conducted during 2015-2016 cropping year in a land located in Pole-Hero village, Khorram Abad town. The aim of this study was to evaluate the effect of phosphate Barvar-2 biofertilizer, iron nano-chelate and superabsorbent on qualitative and quantitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. The study was conducted as factorial based on completely randomized design with three factors and three replications. The first factor was superabsorbent at two levels including S1 (without application) and S2 (80 kg/ha), the second factor was iron nano-chelate in three levels including F1 (foliar application of distilled water), F2 (1/1000) and F3 (2/1000) and third factor was phosphate Barvar-2 in two levels including B1 (non-application) and B2 (100 g/ha). At the end of growth season traits including sheath per plant, grain per plant, 100-grain weight were measured. Biological yield and grain yield, harvest index and grain protein percent (using NIR device) were measured, as well. Data were analyzed using MSTAT-C and mean comparisons were conducted via Duncan multiple range test and graphs were plotted using Excel software.

Results and Discussion

Results of mean comparisons of the triple effects of treatments showed that there were significant differences between treatments in terms of grain yield and yield components, leaf chlorophyll index, grain protein yield (excluding harvest index and 100-grain weight). Superabsorbent via maintaining soil moisture and preventing nitrogen leaching, iron nano-chelate via providing iron required for nitrogen metabolism and phosphate Barvar-2 through affecting nitrogen fixation caused increase in grain protein and chickpea chlorophyll index. It can also be stated that co-application of superabsorbent and foliar application of iron nano-chelate and phosphate Barvar-2 through alleviating the decrease in soil moisture and keeping soil water and providing sufficient nutrients by increasing secondary branches and spikes number per plant and grain

***Corresponding Author:** azizi.kh@lu.ac.ir

number per plant could increase grain yield. The highest and lowest grain yield obtained in S2F3B2 and S1F1B1 treatments by 1623 and 950 kg/ha, respectively. According to the results, S2F2B2, S2F3B2, S1F3B2 and S1F2B2 had no significant difference in terms of grain yield and the highest and lowest grain yield by 1623 and 950 kg/ha obtained in S2F3B2 (superabsorbent, iron nano-chelate foliar application 2/1000 and phosphate Barvar-2) and S1F1B1 (control), respectively. Results showed that highest grain protein content by 21.86 percent was related to S2F3B2 (superabsorbent, iron nano-chelate foliar application 2/1000 and phosphate Barvar-2) and the lowest content was in S1F1B1 by 19.36 percent. The role of combined application of treatments in the study could be attributed to increase in water availability in soil and consequently higher water holding capacity in plant tissues, especially leaf tissues. This causes increase in plant photosynthetic ability and consequently grain protein yield which is a function of grain yield.

Conclusion

Foliar application of iron nan-chelate and also phosphate Barvar-2 biofertilizer and superabsorbent significantly affected qualitative and quantitative traits of chickpea such as grain yield, biological yield, leaf chlorophyll and grain protein content and highest levels of studied treatments (S2F2B2) resulted to highest amounts of studied traits. It could be said that application of treatments, in addition to alleviating drought stress and reducing application of chemical phosphorous fertilizers, resulted to increase in qualitative and quantitative traits and decreasing environmental pollution and increase in some nutrients concentration in soil.

Keywords: Chickpea, Grain yield, Polymer, Pulses, Water stress